

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-318739

(43)Date of publication of application : 08.12.1995

(51)Int.Cl. G02B 6/13

(21)Application number : 06-131047

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

(22)Date of filing : 20.05.1994

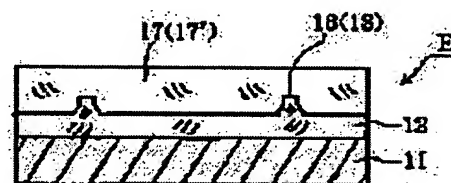
(72)Inventor : MIZUNO KAZUYASU  
OYAMA ISAO  
SHIMIZU TAKEO  
YANAGAWA HISAHARU

## (54) QUARTZ-BASE OPTICAL WAVEGUIDE AND ITS PRODUCTION

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a quartz-base optical waveguide which prevents air bubbles from being left in glass to remain therein.

CONSTITUTION: This quartz-base optical waveguide is constituted by forming a lower clad layer 12 of quartz glass on a substrate 11, forming a core layer 13 of quartz glass on this lower clad layer 12 and forming an upper clad layer 17 of quartz glass in such a manner that the lower clad layer 12 and core layer 13 form waveguides 16 of prescribed patterns and the waveguides 16 of the prescribed patterns are embedded. The side faces of the waveguides of the core layers 13 of the waveguides 16 of the prescribed patterns are formed perpendicular to the substrate 11 and the side faces of the waveguides of the lower clad layers 12 are inclined to a trapezoidal shape with respect to the substrate 11.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.04.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 16.02.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

RECEIVED

AUG 31 2004

YOUNG LAW FIRM, P.C.

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-318739

(43) 公開日 平成7年(1995)12月8日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 2 B 6/13

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/ 12

M

審査請求 未請求 請求項の数6 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-131047

(22) 出願日 平成6年(1994)5月20日

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 水野 一庸

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(72) 発明者 大山 功

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(72) 発明者 清水 健男

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

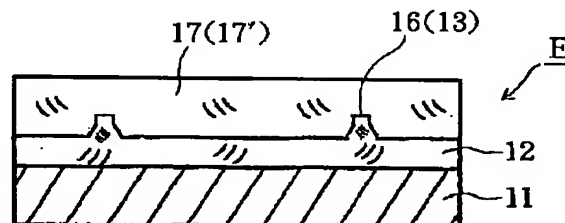
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 石英系光導波路とその製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 ガラス化中に気泡が取り残されて残留することがない石英系光導波路とその製造方法を提供する。

【構成】 基板11の上に石英系ガラスの下部クラッド層12が形成され、下部クラッド層12の上に石英系ガラスのコア層13が形成され、下部クラッド層12およびコア層13が所定パターンの導波路16を形成し、所定パターンの導波路16を埋め込むように石英系ガラスの上部クラッド層17が形成された石英系光導波路であって、所定パターンの導波路16のコア層13の導波路側面は基板11に対して垂直になっていて、かつ下部クラッド層12の導波路側面は基板11に対して台形状に傾斜していることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の上に石英系ガラスの下部クラッド層が形成され、前記下部クラッド層の上に石英系ガラスのコア層が形成され、前記下部クラッド層および前記コア層が所定パターンの導波路を形成し、前記所定パターンの導波路を埋め込むように石英系ガラスの上部クラッド層が形成された石英系光導波路であって、前記所定パターンの導波路の前記コア層の導波路側面は前記基板に対して垂直になっていて、かつ前記下部クラッド層の導波路側面は前記基板に対して台形状に傾斜していることを特徴とする石英系光導波路。

【請求項2】 基板の上に火炎堆積法で石英系ガラスの下部クラッド層前駆体を形成する工程、前記下部クラッド層の上に火炎堆積法で石英系ガラスのコア層前駆体を形成する工程、前記下部クラッド層前駆体および前記コア層前駆体を加熱処理を施してガラス化する工程、前記ガラス化した下部クラッド層およびコア層にホトリソグラフィとエッチング処理を施して所定パターンの導波路を形成する工程、前記導波路を埋め込むように火炎堆積法で石英系ガラスの上部クラッド層前駆体を形成するとともに、前記上部クラッド層前駆体に加熱処理を施してガラス化する工程を有する石英系光導波路の製造方法において、前記コア層のエッチング処理はそのコア層の側面が前記基板に対して垂直になるようにエッチング処理を行い、前記下部クラッド層のエッチング処理は、その下部クラッド層の導波路側面が前記基板に対して台形状に傾斜するようにエッチング処理を行うことを特徴とする石英系光導波路の製造方法。

【請求項3】 前記コア層のエッチング処理は、垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチング条件で行い、前記下部クラッド層のエッチング処理は、反応活性成分の化学的なエッチング現象を利用した等方性のエッチング条件で行うことを特徴とする請求項2記載の石英系光導波路の製造方法。

【請求項4】 前記コア層の垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチングは、C、F、ガスに水素基を含むガスを混合したプラズマエッチングであることを特徴とする請求項3記載の石英系光導波路の製造方法。

【請求項5】 前記下部クラッド層のエッチング処理は反応活性成分の化学的なエッチング現象を利用した等方性のエッチングは、C、F、ガスをを用いたプラズマエッチングであることを特徴とする請求項3記載の石英系光導波路の製造方法。

【請求項6】 前記コア層の垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチングの後に、前記下部クラッド層の反応活性成分の化学的なエッチング現象を利用した等方性のエッチングを行うことを特徴とする請求項3記載の石英系光導波路の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光通信に用いられる石英系光導波路およびその製造方法に関し、更に詳しくは、ガラス化時に生成する気泡に由来する欠陥の発生を抑制し、光の伝搬損失を低減できる石英系光導波路およびそれを製造する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】石英系ガラスを構成材料とする光導波路は、従来、次のようにして製造されている。その方法を、添付図面に基づいて説明する。まず、図6で示すように、例えばSiから成る基板11の上に、火炎堆積法で、所望厚みの下部クラッド層前駆体12'を形成し、次いで、その上に、同じく火炎堆積法で、下部クラッド層12を構成するガラスとは別組成の石英ガラスによりコア層前駆体13'を形成し、それらを加熱してガラス化し、下部クラッド層12とコア層13とから成るスラブ導波路層を形成する。

【0003】その後、このコア層13にホトリソグラフィとエッチング処理を施して、このコア層13を所定パターンのチャネル導波路に加工する。即ち、コア層13の上に、例えば、ホトレジスト膜を成膜した後、その上に所定パターンのマスクを密着して載置し全体に光を照射する。

【0004】次いで、マスクを取り除き、例えば、反応性イオンエッチング(RIE)や反応性イオンビームエッチング(RIBE)のようなドライエッチング法でマスクの下以外のホトレジスト膜をエッチング除去した後、更にその下に位置するコア層の部分をエッチング除去する。その結果、図9で示すように、下部クラッド層12の上には、所定パターンのチャネル導波路16が形成される。

【0005】最後に、このチャネル導波路16を埋め込むようにして、火炎堆積法で、例えば前記下部クラッド層前駆体12'と同じ組成の上部クラッド層前駆体17'を形成し、それを加熱してガラス化し、図10に示すようにチャネル導波路16よりも屈折率の小さい上部クラッド層17を形成する。この光導波路では、埋め込まれているチャネル導波路16の中に光が閉じ込められ、形成した所定パターンに沿って光は伝搬する。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記した一連の形成工程において、エッチングにより形成されたチャネル導波路16上に火炎堆積法により上部クラッド層17となる上部クラッド層前駆体17'を堆積する際に、導波路の垂直性により上部クラッド層前駆体17'とチャネル導波路16の付け根の部分に図11に示すように隙間Sが形成されることが多い。この隙間Sはガラス化した際に気泡となり抜けていく場合が多いが、場合によっては気泡として残ったり、気泡が成長して大きくなった際に、チャネル導波路16に対して応力をかけ、

ガラス化の際にチャネル導波路 16 を歪める原因になる恐れがある。

【0007】一般的に、上部の平坦な部分で発生した気泡は表面に抜け易いが、チャネル導波路 16 の側面に生成した気泡は構造的に抜け難く、これら気泡は光導波路の特性を大幅に劣化させる原因となっている。上部クラッド層形成時の気泡をなくすためには上部クラッド層の組成を変更したり、ガラス化の条件により気泡を抜け易くする解決策が採られているが、それらは出来たものを消去しようとする 2 次的な解決策であり、根本的な解決策とはなり得ない。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の問題を解決し、ガラス化中に気泡が取り残されて残留することがない石英系光導波路とその製造方法を提供することを目的とする。上記の目的を達成するために、本発明は以下のような手段を有している。

【0009】本発明のうち請求項 1 の石英系光導波路は、基板の上に石英系ガラスの下部クラッド層が形成され、前記下部クラッド層の上に石英系ガラスのコア層が形成され、前記下部クラッド層および前記コア層が所定パターンの導波路を形成し、前記所定パターンの導波路を埋め込むように石英系ガラスの上部クラッド層が形成された石英系光導波路であって、前記所定パターンの導波路の前記コア層の導波路側面は前記基板に対して垂直になっていて、かつ前記下部クラッド層の導波路側面は前記基板に対して台形状に傾斜していることを特徴とする。

【0010】本発明のうち請求項 2 の石英系光導波路の製造方法は、基板の上に火炎堆積法で石英系ガラスの下部クラッド層前駆体を形成する工程、前記下部クラッド層の上に火炎堆積法で石英系ガラスのコア層前駆体を形成する工程、前記下部クラッド層前駆体および前記コア層前駆体を加熱処理を施してガラス化する工程、前記ガラス化した下部クラッド層およびコア層にホトリソグラフィとエッチング処理を施して所定パターンの導波路を形成する工程、前記導波路を埋め込むように火炎堆積法で石英系ガラスの上部クラッド層前駆体を形成するとともに、前記上部クラッド層前駆体に加熱処理を施してガラス化する工程を有する石英系光導波路の製造方法において、前記コア層のエッチング処理は、そのコア層の側面が前記基板に対して垂直になるようにエッチング処理を行い、前記下部クラッド層のエッチング処理は、その下部クラッド層の導波路側面が前記基板に対して台形状に傾斜するようにエッチング処理を行うことを特徴とする。

【0011】本発明のうち請求項 3 の石英系光導波路の製造方法は、前記コア層のエッチング処理は垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチング条件で行い、前記下部クラッド層のエッチング処理

は反応活性成分の化学的なエッチング現象を利用した等方性のエッチング条件で行うことを特徴とする。

【0012】本発明のうち請求項 4 の石英系光導波路の製造方法は、前記コア層の垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチングは C、F。ガスに水素基を含むガスを混合したプラズマエッチングであることを特徴とする。

【0013】本発明のうち請求項 5 の石英系光導波路の製造方法は、前記下部クラッド層のエッチング処理は反応活性成分の化学的なエッチング現象を利用した等方性のエッチングが C、F。ガスをを用いたプラズマエッチングであることを特徴とする。

【0014】本発明のうち請求項 6 の石英系光導波路の製造方法は、前記コア層の垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチングの後に、前記下部クラッド層の反応活性成分の化学的なエッチング現象を利用した等方性のエッチングを行うことを特徴とする請求項 3 の石英系光導波路の製造方法。

【0015】

【作用】本発明のうち請求項 1 の石英系光導波路によれば、基板の上に石英系ガラスの下部クラッド層が形成され、前記下部クラッド層の上に石英系ガラスのコア層が形成され、前記下部クラッド層および前記コア層が所定パターンの導波路を形成し、前記所定パターンの導波路を埋め込むように石英系ガラスの上部クラッド層が形成された石英系光導波路であって、前記所定パターンの導波路の前記コア層の導波路側面は前記基板に対して垂直になっていて、かつ前記下部クラッド層の導波路側面は前記基板に対して台形状に傾斜しているので、上部クラッド層前駆体を堆積する際に、上部クラッド層前駆体と導波路の付け根の部分に隙間 S が形成されることがない。従って、ガラス化の際に気泡が導波路に対して応力をかけ、導波路を歪める原因が除去されている。

【0016】本発明のうち請求項 2 乃至請求項 6 の石英系光導波路の製造方法によれば、基板の上に火炎堆積法で石英系ガラスの下部クラッド層前駆体を形成する工程、前記下部クラッド層の上に火炎堆積法で石英系ガラスのコア層前駆体を形成する工程、前記下部クラッド層前駆体および前記コア層前駆体を加熱処理を施してガラス化する工程、前記ガラス化した下部クラッド層およびコア層にホトリソグラフィとエッチング処理を施して所定パターンの導波路を形成する工程、前記導波路を埋め込むように火炎堆積法で石英系ガラスの上部クラッド層前駆体を形成するとともに、前記上部クラッド層前駆体に加熱処理を施してガラス化する工程を有する石英系光導波路の製造方法において、前記コア層のエッチング処理はそのコア層の側面が前記基板に対して垂直になるようにエッチング処理を行い、前記下部クラッド層のエッチング処理はその下部クラッド層の導波路側面が前記基板に対して台形状に傾斜するようにエッチング処理を行

うので、上部クラッド層前駆体と導波路の付け根の部分に隙間Sが形成されることがない。従って、ガラス化の際に気泡が導波路に対して応力をかけ、導波路を歪める原因が除去されることになる。

【0017】本発明のうち請求項3の石英系光導波路の製造方法によれば、前記コア層のエッチング処理は垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチング条件で行い、前記下部クラッド層のエッチング処理は反応活性成分の化学的なエッチング現象を利用した等方性のエッチング条件で行うので、前記コア層のエッチング処理はそのコア層の側面が前記基板に対して垂直になり、かつ前記下部クラッド層のエッチング処理はその下部クラッド層の導波路側面が前記基板に対して台形状に傾斜するようにエッチングされ、上部クラッド層前駆体と導波路の付け根の部分に隙間Sが形成されることがない。従って、ガラス化の際に気泡が導波路に対して応力をかけ、導波路を歪める原因が除去されることになる。

【0018】本発明のうち請求項4の石英系光導波路の製造方法によれば、前記コア層のエッチング処理は垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチングをC、F。ガスに水素基を含むガスを混合したプラズマエッチングで行うので、前記コア層のエッチング処理はそのコア層の側面が前記基板に対して垂直にエッチング処理を確実に行うことができる。

【0019】本発明のうち請求項5の石英系光導波路の製造方法によれば、前記下部クラッド層のエッチング処理は反応活性成分の化学的なエッチング現象を利用した等方性のエッチングがC、F。ガスを用いたプラズマエッチングであるので、下部クラッド層の導波路側面が前記基板に対して台形状に傾斜するように確実にエッチングされる。

【0020】本発明のうち請求項6の石英系光導波路の製造方法によれば、前記コア層の垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチングの後 \*

\*に、前記下部クラッド層の反応活性成分の化学的なエッチング現象を利用した等方性のエッチングを行うので、異方性のエッチングで荒れた、コア層の側面が等方性のエッチングで上記の荒れが解消される。

【0021】

【実施例】以下に本発明を実施例により詳細に説明する。なお、従来のものと同様のものについては従来のものと同符号を付して詳細な説明は省略する。

【0022】図1に示すような装置を用いて、Si基板11上に火炎堆積法で火炎加水分解バーナ1によりSi-P-B組成の原料ガスを吹きつけて下部クラッド層12を構成するガラス微粉末の下部クラッド層前駆体12'を堆積させる。(図において2は排気管である)。このときドーパントであるB、Pの各量は、例えばB量10モル%、P量0.3モル%である。またこのときの膜厚は、約20μmである。さらにこのガラス微粉末の下部クラッド層前駆体12'上にコア層13を構成するSi-Ti-B-P組成のガラス微粉末のコア層前駆体13'を堆積させる。ドーパント量であるTi、BおよびPの各量は、例えばTi量3.5モル%、B量10モル%、P量0.3モル%である。図6に示すこの基板A'(11、12'、13')を図2に示すような焼成炉3を用いて透明ガラス化した。図2において、4はHe及びO<sub>2</sub>の導入口である。透明ガラス化は、上記組成では約900℃前後でガラス微粉末の透明ガラス化が開始することが判明しているので、900℃で行った。このときのHe及びO<sub>2</sub>の流量比は、10:1である。

【0022】このようにして透明ガラス化した図7に示すガラス基板Aのコア層13に、図8に示す如くホトレジスト膜14とマスク15を施した後、ホトリソグラフィと図示しない既知のRIE(反応性イオンエッチング)を適用して分岐・合波部を有するチャネル導波路16を形成した。RIEの条件の一例を表1に示す。

【0023】

【表1】

ガス種	ガス流量 (CC/MIN)	反応圧力 (torr)	反応時間 (MIN)	反応温度 (基板)	RFパワー (W)
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	100	1.0 × 10 <sup>-2</sup>	60	20℃	500

C、F。とC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>の混合比は10:1である。本例の場合C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>ガスと混合するガスをC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>ガスにしたが、混合ガスはC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>ガスに限らず他のH基を含むガスであっても良い。上記の条件で行ったチャネル導波路16を形成するためのコア層13のエッチング処理は、垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチングであり、チャネル導波路16のコア層13の側面は、Si基板11に対して垂直にエッチングさ

れている。

【0024】その後、下部クラッド層12に対して表2に示すガスを使用し、RIE(反応性イオンエッチング)を適用して、今度は反応活性成分の化学的なエッチング現象を利用した等方性の強いエッチング条件で下部クラッド層12の部分も含めてエッチングを行い、チャネル導波路16を形成し、図3に示す基板D(11、12、16)を得た。図において符号15はマスクを示し

ている。図4はチャネル導波路16の部分の拡大図である。このエッチング処理に際して、図4に示されるようにチャネル導波路16の側面も同時にエッチング処理されチャネル導波路16のコア層13の側面は異方性のエッチングで荒れた面が解消して滑らかな面となる。点線はこの等方性の強いエッチングを施す前の状態を示して\*

ガス種	ガス流量 (CC/MIN)	反応圧力 (torr)	反応時間 (MIN)	反応温度 (基板)	RFパワー (W)
C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	100	1.0 × 10 <sup>-2</sup>	5	20℃	500

次にこの基板D(11、12、16)上に、図1に示した装置を用いて火炎堆積法でガラス微粉末を堆積させ上部クラッド層前駆体17'を形成させる。上部クラッド層17'は下部クラッド層12と同様のドーパントを用いた。但し、ドーパント量は、B量11モル%、P量1モル%であり、膜厚は約25μmである。これを図2で示した焼成炉3に投入して透明ガラス化し、図5に示す基板E(11、12、16、17)を作製した。焼成炉3から取り出したガラス基板Eには気泡は認められなかった。そこでこの基板E(11、12、16、17)について光学顕微鏡を用いて分岐・合波部を調査したが気泡は認められなかった。

【0026】

【発明の効果】本発明のうち請求項1の石英系光導波路によれば、基板の上に石英系ガラスの下部クラッド層が形成され、前記下部クラッド層の上に石英系ガラスのコア層が形成され、前記下部クラッド層および前記コア層が所定パターンの導波路を形成し、前記所定パターンの導波路を埋め込むように石英系ガラスの上部クラッド層が形成された石英系光導波路であって、前記所定パターンの導波路の前記コア層の導波路側面は前記基板に対して垂直になっていて、かつ前記下部クラッド層の導波路側面は前記基板に対して台形状に傾斜しているため、上部クラッド層前駆体を堆積する際に、上部クラッド層前駆体と導波路の付け根の部分に隙間が形成されることがない。従って、ガラス化の際に気泡が残留し、導波路に対して応力をかけ、導波路を歪める原因が除去されているので、光の伝搬損失が低減した石英系光導波路となっている。

【0027】また、本発明のうち請求項2乃至請求項6の石英系光導波路の製造方法によれば、基板の上に火炎堆積法で石英系ガラスの下部クラッド層前駆体を形成する工程、前記下部クラッド層の上に火炎堆積法で石英系ガラスのコア層前駆体を形成する工程、前記下部クラッド層前駆体および前記コア層前駆体を加熱処理を施してガラス化する工程、前記ガラス化した下部クラッド層およびコア層にホトリソグラフィとエッチング処理を施し

している。このエッチング処理の結果、下部クラッド層12の導波路側面は基板11に対して台形状に傾斜した形状になっている。

【0025】

【表2】

て所定パターンの導波路を形成する工程、前記導波路を埋め込むように火炎堆積法で石英系ガラスの上部クラッド層前駆体を形成するとともに、前記上部クラッド層前駆体に加熱処理を施してガラス化する工程を有する石英系光導波路の製造方法において、前記コア層のエッチング処理はそのコア層の側面が前記基板に対して垂直になるようにエッチング処理を行い、前記下部クラッド層のエッチング処理はその下部クラッド層の導波路側面が前記基板に対して台形状に傾斜するようにエッチング処理を行うので、上部クラッド層前駆体と導波路の付け根の部分に隙間が形成されることがない。また仮に気泡が発生した場合においても表面に抜けやすい構造となっている。従って、ガラス化の際に気泡が導波路に対して応力をかけ、導波路を歪める原因が除去されることになり、光の伝搬損失が低減した石英系光導波路を製造することができる。

【0028】本発明のうち請求項3の石英系光導波路の製造方法によれば、前記コア層のエッチング処理は垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチング条件で行い、前記下部クラッド層のエッチング処理は反応活性成分の化学的なエッチング現象を利用した等方性のエッチング条件で行うので、前記コア層のエッチング処理はそのコア層の側面が前記基板に対して垂直になり、かつ前記下部クラッド層のエッチング処理はその下部クラッド層の導波路側面が前記基板に対して台形状に傾斜するようにエッチングされ、上部クラッド層前駆体と導波路の付け根の部分に隙間が形成されることがない。従って、ガラス化の際に気泡が導波路に対して応力をかけ、導波路を歪める原因が除去されることになり、光の伝搬損失が低減した石英系光導波路を製造することができる。

【0029】本発明のうち請求項4の石英系光導波路の製造方法によれば、前記コア層のエッチング処理は垂直入射成分の物理的なエッチング現象を利用した異方性のエッチングをC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスに水素基を含むガスを混合したプラズマエッチングで行うので、前記コア層のエッチング処理はそのコア層の側面が前記基板に対して垂直に